

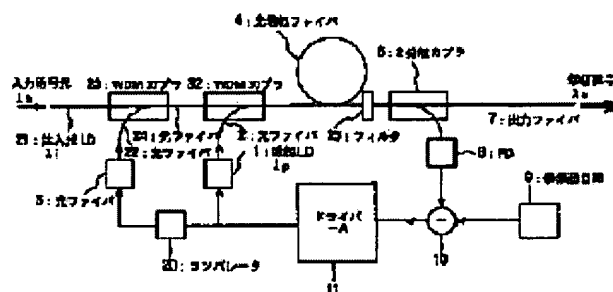
OPTICAL FIBER AMPLIFIER

Patent number: JP9186383
Publication date: 1997-07-15
Inventor: OZEKI YUKIHIRO
Applicant: OKI ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- international: **H01S3/094; H01S3/094;** (IPC1-7): H01S3/10; H01S3/07;
H01S3/094; H04J14/00; H04J14/02
- european: H01S3/094A
Application number: JP19950342926 19951228
Priority number(s): JP19950342926 19951228

Report a data error here

Abstract of JP9186383

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical fiber amplifier which is capable of restraining a light surge from occurring as soon as possible. **SOLUTION:** A signal output is detected with a PD 8 when normal signals are inputted, and the detected output is so controlled as to be equal to a reference value, whereby the signal output is kept constant in power. When a signal input is shut off, an optical fiber amplifier gets out of control, and both a driver 11 and an excitation LD 1 are fixed at a maximum output. A comparator 20 makes an injection light LD 21 emit light when the driver 11 is maximal in output. The injection light emitted from the LD 21 is amplified passing through an optical amplifying fiber 4 and suppressing a latent gain for signal light through gain saturation. When signal light recovers, the signal light is detected by the PD 8, and the output of the driver 11 is decreased to less than a threshold value, so that the output of the comparator 20 is reduced to zero, and the injection light LD 21 is turned off.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-186383

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl. ^a	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/10		H 0 1 S	3/10 Z
	3/07			3/07
	3/094			3/094 S
H 0 4 J	14/00		H 0 4 B	9/00 E
	14/02			

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-342926

(22) 出願日 平成7年(1995)12月28日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 尾関 幸宏

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

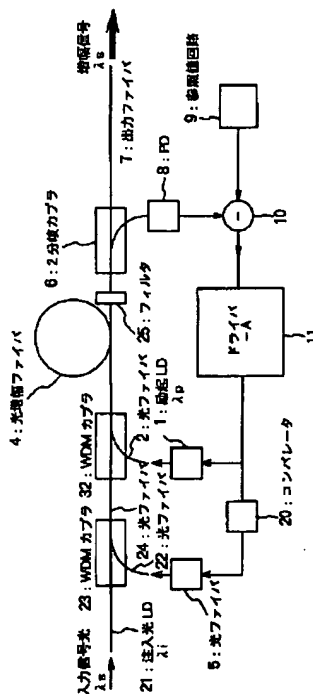
(74) 代理人 弁理士 柿本 義成

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【課題】 光サージの発生を抑制、または光サージをいち早く抑える。

【解決手段】 通常信号入力時にはPD8において、信号出力を検出してその値が参照値となるように制御を行い、出力信号パワーを一定に保つ。入力遮断時には制御不能となり、ドライバ11が最大出力、励起LD1が最大出力で固定される。コンパレータ20は、ドライバ11が最大出力を示すと注入光LD21を発光させる。注入光は光増幅ファイバ4を通過して増幅され、利得飽和により信号光に対する潜在利得を抑圧する。信号光が復帰した場合、信号光をPD8で検出してドライバ11の出力が閾値以下に低下するため、コンパレータ20の出力は0となり、注入光LD21はオフする。



本発明の第1の実施形態の光ファイバ増幅器

【特許請求の範囲】

【請求項1】 励起光により電子のエネルギー準位が遷移して、所定のエネルギー準位間のバンドギャップに相当するエネルギーを有する入力信号光を増幅する光増幅ファイバと、

前記励起光を発光する発光素子と、

前記光増幅ファイバにより増幅された入力信号光のパワーをモニタする光検出器と、

前記光検出器の出力信号に基づいて、前記増幅された入力信号光のパワーが一定となるように前記発光素子が出力する励起光のパワーを制御する負帰還回路とを、備えた光ファイバ増幅器において、

前記光増幅ファイバにより増幅され、前記入力信号光と異なる波長の注入光を発光して前記光増幅ファイバに入力する注入光素子と、

前記光検出器の出力信号が前記入力信号光の遮断を示した場合に、前記注入光素子が発光するように制御し、それ以外の場合には、前記注入光素子が発光しないように制御する制御回路とを、

設けたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項2】 励起光により電子のエネルギー準位が遷移して、所定のエネルギー準位間のバンドギャップに相当するエネルギーを有する入力信号光を増幅する光増幅ファイバと、

前記励起光を発光する発光素子と、

前記光増幅ファイバにより増幅された入力信号光のパワーをモニタする光検出器と、

前記光検出器の出力信号に基づいて、前記入力信号光のパワーが一定となるように前記発光素子が出力する励起光のパワーを制御する負帰還回路とを、備えた光ファイバ増幅器において、

前記光増幅ファイバにより増幅され、前記入力信号光と異なる波長の注入光を発光して前記光増幅ファイバに入力する注入光素子と、

前記光検出器の出力信号が前記増幅された入力信号光の異常なパワーを示した場合に、前記注入光素子が発光するように制御する制御回路とを、

設けたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ増幅器に関し、特に、その出力信号または利得の制御に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ増幅器は、励起光により、基底準位にあるエルビウム等の不純物中の電子を基底準位→励起準位→上準位へと遷移させ、上準位に電子を蓄積させておき、基底準位と上準位のエネルギー準位を持つ入力信号光が入射すると、上準位の電子が基底準位に緩和して光が出力されて、入力信号光を増幅するものであ

る。図2は、従来の光ファイバ増幅器の構成図である。この光ファイバ増幅器は、励起LD1による波長 λ_p の励起光を光ファイバ2に入力すると共に、波長 λ_s の入力信号光を光ファイバ5に入力して、波長多重器（以下、WDMカプラと呼ぶ）3で励起光と入力信号光とを合波する。WDMカプラ3で合波された励起光と入力信号光は、光増幅ファイバ4に入力される。光増幅ファイバ4は、励起光により上準位にイオンを蓄積し、入力信号光により、上準位に蓄積されていた電子は基底準位に落ちて、入力信号光と同じ波長の位相の揃った光を出力して入力信号光を増幅する。光増幅ファイバ4の出力光は、2分岐カプラ6により分岐されて、光検出器（以下、PDと呼ぶ）8と出力ファイバ7にそれぞれ出力される。出力ファイバ7からは、波長 λ_s の増幅信号光が出力される。

【0003】一方、PD8に入力された光パワーは、電気信号に変換されて減算器10に入力される。減算器10により、電気信号に変換された値から参照値回路9に保持された出力パワーが所望の値となるように設定された所定の値とを差し引いて、ドライバ回路11に入力される。ドライバ回路11で、減算器10の出力値を増幅して、励起LD1への負帰還利得をあたえる。つまり、増幅された光パワーが所望のパワーよりも小さい時は、励起LD1により励起光のパワーを大きくして、光増幅ファイバ4における、上準位に存在するイオンの数が増加して、所望のパワーよりも大きい時は、励起LD1により励起光のパワーを小さくして、光増幅ファイバ4における、上準位に存在するイオンの数を減少させて光利得を制御する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光ファイバ増幅器は、以下の課題があった。図3(a)～(c)は、光サージ発生のメカニズムを示す図であり、特に同図(a)は励起LD光パワーと光利得との関係を示す図、同図(b)は入力信号光を示す図、同図(c)は出力光を示す図である。上述したように、従来の光ファイバ増幅器は、上準位から基底準位に落ちることによって、光増幅するものであり、光利得は、光増幅ファイバ長、励起光パワー、入力信号光パワー等によって決まる。また、図3(a)に示すように、入力信号光が0の場合は最大利得を示し、入力信号光パワーにより利得飽和を起し、利得が下がる。図3(a)中の G_1 は入力信号パワー P_s の $P_{out} = P_s \times G_1$ となる制御を行っている場合の、動作点における利得であり、 G_2 は完全反転状態で、入力信号光=0、最大励起パワー時の最大利得である。 X は G_2 と G_1 との利得の差である。

【0005】従来の光ファイバ増幅器は、上述したように、信号成分の強い（弱い）を検出して、励起用LD1が出力する励起光 λ_p のパワーを減（増）して利得制御

しているため、入力光信号 λ_s が断(0.1ms以上、入力光が無い状態をいう)になったり、入力信号光が動作範囲以下のパワーに一定時間以上保持されると、上記帰還動作により、最大励起パワーとなり、光利得が図3(a)の右矢印に示すように最大 G_2 となる。その後、図3(b)に示すように、パワー P_s の入力信号光が復帰すると、その最大利得 G_2 で入力光信号 λ_s が増幅されるため、図3(c)に示すように、光出力先頭部に巨大な光ピーク($G_2 \times P_s$)をもつ光サージが発生することがある。これは、下流の光ファイバ増幅器や光デバイス等の光学的破壊の原因になったり、特性劣化に至る可能性があることが指摘されており、光サージ低減の光ファイバ増幅器の利得制御方法が求められていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、前記課題を解決するために、励起光により基底準位の電子が励起され、入力信号光を増幅する光増幅ファイバと、前記励起光を発光する発光素子と、前記光増幅ファイバにより増幅された入力信号光のパワーをモニタするPDと、前記PDの出力信号に基づいて、前記増幅された入力信号光のパワーが一定となるように前記発光素子が出力する励起光のパワーを制御する負帰還回路とを備えた光ファイバ増幅器において、以下の回路などを設けている。前記光増幅ファイバにより増幅され、前記入力信号光と異なる波長の光を発光して、前記光増幅ファイバに入力する注入光素子と、前記PDの出力信号が前記入力信号光の遮断を示した場合に、前記注入光素子より発光するように制御して、それ以外の場合には、前記注入光素子が発光しないように制御する制御回路とを設けている。第1の発明によれば、以上の様に、光ファイバ増幅器を構成したので、制御回路は、光検出器の出力信号が入力信号光の遮断を示した時は注入光素子を発光させるので、入力信号光の遮断時の光利得を抑制する。その為、入力信号光が復帰した時にも光利得が抑制されているので、入力信号光を増幅しても光サージが発生することがない。従って、前記課題を解決できるのである。

【0007】

【発明の実施の形態】

第1の実施形態

図1は、本発明の第1の実施形態を示す光ファイバ増幅器の構成図であり、従来の図2中の要素に共通する要素には共通の符号を付してある。本第1の実施形態の光ファイバ増幅器が従来の光ファイバ増幅器と異なる点は、通常入力信号光の時は、利得一定の制御を行い、入力信号が遮断された時、注入光を光増幅ファイバに注入して、利得飽和により信号光に対する潜在利得増大を抑圧して、光サージの発生を抑制するようにしたことである。図1に示すように、本第1の実施形態の光ファイバ増幅器は、励起LD1、光ファイバ2、5、22、24、光増幅ファイバ4、2分岐カプラ6、出力ファイバ

7、PD8、参照値回路9、減算器10、ドライバ11、コンパレータ(制御回路)20、注入光LD21、及びWDMカプラ3、23により構成されている。

【0008】注入光LD21の出力側は、光ファイバ22が接続されている。光ファイバ22及び入力信号光を入力する光ファイバ5の出力側は、WDMカプラ23が接続されている。WDMカプラ23の出力側は、光ファイバ24が接続されている。励起LD1の出力側は、光ファイバ2が接続されている。光ファイバ2、24の出力側は、WDMカプラ3が接続されている。WDMカプラ3の出力側は、光増幅ファイバ4が接続され、この光増幅ファイバ4の出力側は、フィルタ25が接続されている。フィルタ25の出力側は、2分岐カプラ6が接続され、この2分岐カプラ6の第1のポートは、出力ファイバ7が接続され、第2のポートは、PD8が接続されている。PD8及び参照値回路9の出力側は、減算器10が接続され、この減算器10の出力側は、ドライバ11が接続されている。ドライバ11の出力側は、励起LD1及びコンパレータ20が接続されている。コンパレータ20の出力側は、図示しないがスイッチ回路に接続され、このスイッチ回路は、注入光LD21と図示しない電流源回路との間に接続されている。電流源回路が注入光LD21を駆動する駆動電流は、信号入力光が遮断時の注入光の利得が、入力信号光が復帰した時に、その入力信号光がその利得で増幅された時に光サージが発生しない程度とする。

【0009】本第1の実施形態の光増幅ファイバ4は、例えば、エルビウムドープ光増幅ファイバであり、ファイバコア部にエルビウムを微量添加したものを使用するものとする。このエルビウムドープ光増幅ファイバは、励起準位が980nm及び1480nmであり、上準位が1530nm～1560nmである。例えば、励起LD1の励起光の波長 λ_p は、980nmとし、入力信号光の波長 λ_s は、上準位1530～1560nmの範囲内の波長であり、注入光LD21の注入光の波長 λ_i は、上準位1530～1560nmの範囲内の波長であって、入力信号光の波長 λ_s とは異なるものである。フィルタ25は、入力信号光の波長 λ_s のみを透過して、それ以外の注入光や励起光を除去するものである。参照値回路9は、所望の増幅信号光のパワーに対応するPD8の出力パワーの値を保持している。ドライバ11は、オペアンプと励起LD1を電流駆動するためのドライバ回路とにより構成されている。

【0010】以下、図1の動作の説明をする。波長 λ_s の入力信号光は光ファイバ5、WDMカプラ22、及び光ファイバ24を通して、WDMカプラ3に入力される。WDMカプラ3で、入力信号光と励起LD1より光ファイバ2を通して入力された波長 λ_p の励起光とが合波されて、光増幅ファイバ4に入力される。光増幅ファイバ4において、励起光により上準位に蓄積されたエル

ビウムイオンが、入力信号光の入力により基底準位に落ちて、入力信号光と同じ波長 λ_i の光が出力され、その入力信号光が増幅されてフィルタ25に出力される。フィルタ25により、入力信号光の波長以外の光が除去されて、2分岐カプラ6の第1のポートを通して、出力ファイバ7に増幅信号光が出力される。一方、2分岐カプラ6の第2のポートから出力された光は、PD8に入力される。参照値回路9、減算器10、及びドライバ11で構成される負帰還回路により、PD8で検出した増幅信号光が、パワーが参照値回路9が保持する参照値となるように制御を行い、出力信号パワーが一定に保たれる。

【0011】このため、入力遮断時には制御不能となり、ドライバ10が有するオペアンプが最大出力、励起LD1が最大出力で固定される。コンパレータ20は、オペアンプの最大出力よりも若干下に設定された基準値としての閾値とオペアンプ出力とを比較して、入力遮断時にオペアンプ出力が最大値を示した時に、コンパレータ20に接続されるスイッチ回路をオンにする。スイッチ回路がオンになると、電流源回路より注入光LD21を駆動し、注入光LD21が波長 λ_i の注入光を発光して、光ファイバ22に注入する。光ファイバ22に注入された注入光は、WDMカプラ23、及び光ファイバ24を通り、WDMカプラ3で励起光と合波されて、光増幅ファイバ4で増幅される。この増幅により、上準位のエルビウムイオンの数が減って、利得飽和による信号光に対する潜在利得（入力信号光があると仮定した時のその利得）を抑圧する。光増幅ファイバ4で増幅された注入光は、フィルタ25で除去されて、出力ファイバ7及びPD8には入力されない。

【0012】入力遮断時は、上記負帰還回路により励起LD1が最大出力に固定され、上記コンパレータ20の制御により、注入光LD21で注入光が発光され、光増幅ファイバ4において注入光が増幅され、利得飽和による信号光に対する潜在利得が抑圧された状態が維持される。信号光が復帰すると、信号光が光増幅ファイバ4で増幅されるが、この時点において、信号光の潜在利得が抑圧されているため、信号光の利得が抑圧される。増幅された信号光をPD8で検出し、オペアンプ出力が閾値以下に低下するために、コンパレータ20の出力がゼロとなり、スイッチ回路が遮断して注入光LD21がオフとなる。以上説明したように、本第1の実施形態によれば、信号光入力時には、通常の光出力一定の動作を行う。信号光遮断時には、注入光LD21が光増幅ファイバ4を通過して増幅され、利得飽和により信号光に対する潜在利得を抑圧する。そのため、信号光が復帰した場合には、信号光に対する利得は注入光LD21によりすでに抑圧されているため、光サージは発生しない。

【0013】第2の実施形態

図4は、本発明の第2の実施形態を示す光ファイバ増幅

器の構成図であり、図1中の要素に共通する要素には共通の符号を付してある。本第2の実施形態の光ファイバ増幅器が第1の実施形態の光ファイバ増幅器と異なる点は、光サージの発生を検出する制御回路30を設け、光サージが発生すると、注入光LD21から注入光を発光させて光増幅ファイバ4に注入するようにしたことである。図4に示すように、本第2の実施形態の光ファイバ増幅器は、励起LD1、光ファイバ2、5、22、24、光増幅ファイバ4、2分岐カプラ6、出力ファイバ7、PD8、参照値回路9、減算器10、ドライバ11、注入光LD21、WDMカプラ22、23、参照値回路31、減算器32、及びドライバ33により構成されている。PD8及び参照値回路31の出力側は、減算器32が接続されている。減算器32の出力側は、ドライバ33が接続され、このドライバ33の出力側は、注入光LD21が接続されている。参照値回路31、減算器32、及びドライバ33は、制御回路30を構成する。

【0014】本第2の実施形態の光増幅ファイバ4は、第1の実施形態と同様に、エルビウムドープ光増幅ファイバを使用するものとする。例えば、励起LD1の励起光の波長は、980nmとし、入力信号光の波長 λ_i は、上準位1530~1560nmの範囲内の波長であり、注入光LD21の注入光の波長 λ_i は、上準位1530~1560nmの範囲内の波長であって、入力信号光の波長 λ_i とは異なるものとする。参照値回路31には、出力許容最大パワーを示すPD8の出力パワーに等しい値を保持している。注入光LD21は、ドライバ33より正の値が出力するとオンして、波長 λ_i の注入光を発光するものである。ドライバ33は、減算器32の出力を増幅するオペアンプと、注入光LD21を電流駆動する駆動回路とにより構成されている。ドライバ回路33が注入光LD21を駆動するための駆動電流は、光サージが発生した時にその光サージが抑制できる程度とする。

【0015】以下、図4の動作の説明をする。通常信号入力時には、第1の実施形態と同様に、PD8にて信号出力のパワーを検出して、参照値回路9、減算器10、及びドライバ11により、信号出力の値が一定になるように負帰還制御が行われる。このため、信号光遮断時には、負帰還回路は制御不能となり最大利得で固定される。光信号が復帰すると、最大利得で入力信号光が増幅されることになり、光サージが発生する。光サージが発生した光は、PD8に入力されてその光パワーが検出される。この光パワーは、参照値回路31が保持する参照値を越えるため、減算器32は、PD8の出力から参照値を引き算して正の値をドライバ33に出力する。ドライバ33は、減算器32の出力を増幅して注入光LD21を電流駆動し、波長 λ_i の注入光を発光させて光増幅ファイバ4に入射する。光増幅ファイバ4は、入力信号

光ファイバを用いた例を示したが、PDFA（プラシオジウム）あるいは他の光増幅ファイバであってもよい。

【0018】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、第1、第2の発明によれば、信号入力光の遮断を検知し、注入光を注入して、光増幅ファイバの潜在利得を抑制する、または、光サージを検出し、注入光を注入して、入力信号光の利得を低下させるので、光サージの発生を抑制または光サージをいち早く抑えることができる。そのため、後段の光回路、デバイスに対するダメージを最小限にできる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施形態の光ファイバ増幅器の構成図である。

【図2】従来の光ファイバ増幅器の構成図である。

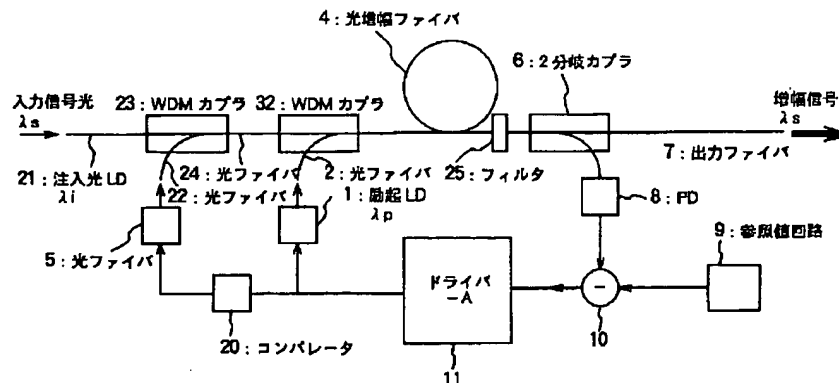
【図3】光サージ発生メカニズムを示す図である。

【図4】本発明の第2の実施形態の光ファイバ増幅器の構成図である。

【符号の説明】

1	励起LD
2, 5, 22, 23	光ファイバ
3, 23	WDMカプラ
4	光増幅ファイバ
6	2分岐カプラ
7	出力ファイバ
8	PD
9, 31	参照値回路
10, 32	減算器
11, 33	ドライバ
20	コンパレータ
21	注入光LD
25	フィルタ

【図 1】



本発明の第１の実施形態の光ファイバ増幅器

【図2】

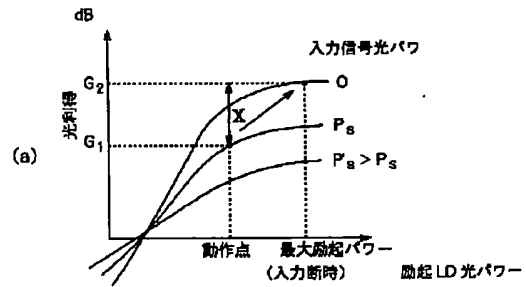


Figure 1 consists of three parts: (a) A schematic diagram of an optical isolator with an input/output port, a waveguide, a phase shifter, and a polarizing beam splitter. (b) A graph of input signal light intensity versus time, showing a rectangular pulse with peak level P_s . (c) A graph of output light intensity versus time, showing a pulse with a sharp peak labeled $G^2 P_s$ and a subsequent decay to a level $G_1 P_s$. The vertical axis is labeled $X \text{ dB}$. A label S : サージ (Surge) points to the peak of the output pulse.

Figure 1 is a block diagram of a fiber-optic amplifier system. The diagram shows the following components and connections:

- Input Signal Light (λ_s):** Enters from the left.
- WDM Coupler 23:** Splits the input signal into two paths.
- Fiber 5:** Carries the signal from WDM Coupler 23 to WDM Coupler 3.
- WDM Coupler 3:** Splits the signal into two paths: one to Fiber 24 and another to Fiber 2.
- Fiber 24:** Carries the signal to WDM Coupler 22.
- WDM Coupler 22:** Splits the signal into two paths: one to the Injection LD 21 and another to Fiber 2.
- Injection LD 21 (λ_i):** A laser diode that provides an injection signal.
- Fiber 2:** Carries the signal from WDM Coupler 22 to the LD 1.
- LD 1 (λ_p):** A laser diode that provides a pump signal.
- Fiber 25:** Carries the signal from LD 1 to the Filter 25.
- Filter 25:** A filter that processes the signal.
- Fiber 6:** Carries the signal from the Filter 25 to the 2-way coupler 6.
- 2-way coupler 6:** Splits the signal into two paths: one to the Output Filter 7 and another to the PD 8.
- Output Filter 7:** Filters the signal to produce the amplified signal λ_a .
- PD 8:** A photodiode that detects the signal.
- Driver 11:** A driver circuit that controls the LD 1.
- Subtractor 10:** A subtractor circuit that compares the signal from the PD 8 with a reference value.
- Reference Value Circuit 9:** A circuit that provides a reference value to the subtractor 10.
- Control Loop 30:** A dashed box enclosing the Driver 11, Subtractor 10, Reference Value Circuit 9, and the feedback path from the PD 8 to the Driver 11.

30:制御回路